

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-325713

(P2004-325713A)

(43) 公開日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 13/18	GO2B 13/18	2H087
GO2B 9/10	GO2B 9/10	
GO2B 9/16	GO2B 9/16	
GO2B 9/34	GO2B 9/34	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 50 頁)

(21) 出願番号	特願2003-119354 (P2003-119354)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成15年4月24日 (2003. 4. 24)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100090538
			弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965
			弁理士 内尾 裕一
		(72) 発明者	難波 則廣
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	伊藤 大介
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

最終頁に続く

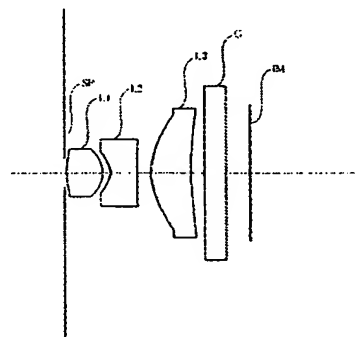
(54) 【発明の名称】 対物レンズ

## (57) 【要約】

【課題】テレセントリック特性を確保しつつ、小型で光学性能の良好な撮影レンズを実現すること。

【解決手段】物体側から像側へ順に、開口絞りSP、像側の面が凸形状で正の屈折力の第1レンズL1、物体側の面が凹形状で負の屈折力の第2レンズL2を有し、全体として正の屈折力を有する対物レンズにおいて、比較的屈折力の強い第1レンズL1の像側レンズ面と第2レンズL2の物体側レンズ面を開口絞りSPの中心に対してコンセントリックな形状とする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体側から像側へ順に、開口絞り、像側の面が凸形状で正の屈折力の第1レンズ、物体側の面が凹形状で負の屈折力の第2レンズを有し、全体として正の屈折力を有する対物レンズにおいて、該第1レンズの物体側の面の曲率半径を $R_{11}$ 、像側の面の曲率半径を $R_{12}$ 、該第2レンズの物体側の面の曲率半径を $R_{21}$ 、像側の面の曲率半径を $R_{22}$ とするとき、

$$-1.0 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < -0.1$$

$$1.0 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は対物レンズに関し、特にビデオカメラやデジタルカメラ、またカメラ付の携帯電話や携帯端末等の撮影レンズ（撮影光学系）に好適なものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子を有するビデオカメラやデジタルカメラ、そしてカメラ付の携帯電話や携帯端末が種々開発されている。特に、携帯電話や携帯端末においては、その携帯性の観点から小型・軽量の撮影レンズが強く望まれている。

20

。

## 【0003】

小型の撮影レンズとしては、正の屈折力の第1レンズと負の屈折力の第2レンズの2枚構成のものが知られている（例えば特許文献1、2）。

## 【0004】

また、小型化とともに結像性能の向上も考慮した、正の屈折力の第1レンズと負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズからなる所謂トリプレット構成の撮影レンズも知られている（例えば特許文献3～8）。

## 【0005】

トリプレット構成の内、前玉径の縮小化及び射出瞳距離を長くするために比較的有利な構成となる、最も物体側に開口絞りを配置した所謂前絞りタイプの撮影レンズも知られている（例えば特許文献9～11）。

30

## 【0006】

さらに、撮影レンズでは無いがトリプレット構成を採用し、小型化を狙ったものも知られている。（例えば特許文献12、13）

## 【0007】

## 【特許文献1】

特開2002-258155号公報

## 【特許文献2】

米国特許第5329403号明細書

40

## 【特許文献3】

特開2001-83409号公報

## 【特許文献4】

特開2002-221659号公報

## 【特許文献5】

特開2002-244030号公報

## 【特許文献6】

特許第2683463号明細書

## 【特許文献7】

特許第2742581号明細書

50

## 【特許文献 8】

米国特許第 5 5 9 6 4 5 5 号明細書

## 【特許文献 9】

特開平 4 - 1 5 3 6 1 2 号公報

## 【特許文献 10】

特開 2 0 0 1 - 7 5 0 0 6 号公報

## 【特許文献 11】

米国特許第 6 4 4 1 9 7 1 号明細書

## 【特許文献 12】

米国特許第 4 1 6 3 6 0 4 号明細書

## 【特許文献 13】

米国特許第 5 5 9 6 4 5 2 号明細書

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

特許文献 1 に記載された系では、2 枚構成の負レンズを像側に比較的強い凹面を向けた形状としており、射出瞳が短くなりやすく固体撮像素子を用いた場合シェーディングの発生が課題となる。

## 【0009】

特許文献 2 に記載された系では、2 枚構成の正レンズと負レンズの間隔が大きく小型化の点では課題を有する。

## 【0010】

また、正負正の 3 枚構成のレンズ系の場合、前玉径を縮小し小型化を図るとともに、像側のテレセントリック特性を良好にするために、開口絞りを撮像素子から最も離れた前絞りタイプが有利である。前絞りタイプにて全長短縮を図りながら良好な光学性能を得るには開口絞りに対してコンセントリックな形状が好ましいが、従来例では各レンズの形状が、開口絞りに対してコンセントリックな形状となっていないか、若しくはコンセントリックとはなっているものの、形状的に最適な形状とは言いがたかった。

## 【0011】

本発明は、これら従来のレンズ系の問題点を認識した上で、必要十分なテレセントリック特性を確保しつつ、小型で光学性能の良好な対物レンズを提供することを目的とする。

## 【0012】

## 【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するため、本発明の対物レンズは、物体側から像側へ順に、開口絞り、像側の面が凸形状で正の屈折力の第 1 レンズ、物体側の面が凹形状で負の屈折力の第 2 レンズを有し、全体として正の屈折力を有する対物レンズであって、第 1 レンズの物体側の面の曲率半径を  $R_{11}$ 、像側の面の曲率半径を  $R_{12}$ 、第 2 レンズの物体側の面の曲率半径を  $R_{21}$ 、像側の面の曲率半径を  $R_{22}$  とするとき、

$$-1.0 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < -0.1$$

$$1.0 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴としている。

## 【0013】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の対物レンズの実施形態について説明する。

## 【0014】

図 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45 は、それぞれ後述する数値実施例 1 ~ 23 の対物レンズのレンズ断面図である。図 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46 は、それぞれ数値実施例 1 ~ 23 の対物レンズの諸収差図である。以後、数値実施例 1 ~ 23 を総称して本実施形態と言う。本実施形態の対物レンズは、デジタルカメ

10

20

30

40

50

ラヤ、カメラ付の携帯電話や携帯端末等の撮影レンズに適用されるものである。

【0015】

本実施形態の各レンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ、L2は負の屈折力の第2レンズ、L3は正の屈折力の第3レンズ、L4は正又は負の屈折力の第4レンズ、SPは開口絞りである。IMは像面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の感光面が配置されている。Gは水晶ローパスフィルターや赤外カットフィルター等に対応して設計上設けられたガラスブロックである。

【0016】

図37に示す数値実施例19を除く他の数値実施例の対物レンズは正の屈折力の第3レンズL3を有している。図39、41、43、44に示す数値実施例20～23の対物レンズは第4レンズL4を有しているが、図39、41、43（数値実施例20～22）の第4レンズL4は正の屈折力であり、図44（数値実施例23）の第4レンズL4は負の屈折力である。

【0017】

なおレンズ断面図において左方が被写体側（物体側）で、右方は像側である。本実施形態の対物レンズは、2群2枚、3群3枚、そして4群4枚のいずれかのレンズ構成で第1レンズL1と第2レンズL2の形状を適切に設定することにより、良好な光学性能を有しつつ、小型で簡易な構成の対物レンズを実現している。

【0018】

本実施形態の対物レンズでは、開口絞りSPをレンズ系の最も物体側に配置する所謂前絞り構成として、近年の固体撮像素子に適した射出瞳距離を得ている。そして開口絞りSPの像側に、物体側に比して像側に強い屈折力の凸面を向けた正の屈折力の第1レンズL1、続いて像側に比して物体側に強い屈折力の凹面を向けた負の屈折力の第2レンズL2を配置している。

【0019】

本実施形態では、比較的屈折力の強い第1レンズL1の像側の面を凸形状とし、やはり屈折力の強い第2レンズL2の物体側の面を凹形状とすることで、いずれの面も開口絞りSPの中心に対してコンセントリックな形状に近づけている。このような構成により軸外光束における非点収差、コマ収差等の発生を抑え画面全域の結像性能を良好にしている。

【0020】

なお、第1レンズL1の物体側の面は比較的曲率を緩く（曲率半径を大きく）することでコンセントリックな面ではないが収差の発生を極力低減している。また第2レンズL2の像側の面も同様に比較的緩い曲率としているが、像側に凸形状として若干コンセントリックな形状に近づけている。このように屈折力の強いレンズ面をコンセントリックにし、コンセントリックから外れるレンズ面は曲率を緩くすることでレンズL1、L2の必要な屈折力を確保しながら小型化と収差補正を両立している点が本実施形態の対物レンズの特徴である。

【0021】

図37に示す数値実施例19の対物レンズは、第1レンズL1と第2レンズL2の2枚構成であり、最小枚数にて良好な光学性能を実現している。

【0022】

図1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23、25、27、29、31、33、35に示す数値実施例1～18の対物レンズは、第2レンズL2の像側に正の屈折力の第3レンズL3を有している。この第3レンズL3が像面近傍に配置されることでフィールドレンズの役割を果たし、2枚構成に比べてさらに射出瞳を像面から遠ざけることが可能となる。よってこのような構成によりコンパクト化とテレセントリック特性がさらに良好に両立できるというメリットがある。

【0023】

また図39、41、43に示す数値実施例20～23の対物レンズは、第2レンズL2の像側に2枚のレンズを配置している点が特徴である。これら2枚のレンズは数値実施例1

～18のような3枚構成の正レンズL3の屈折力を分割した構成となっている。数値実施例20～22では負レンズL2の像側は2枚の正レンズであり、正の屈折力を分担することで諸収差の発生を抑えさらに良好な光学性能が提供できるメリットがある。また数値実施例23では負レンズL2の像側に順に正レンズ、負レンズを配置している。これら2枚のレンズにてテレフォトタイプの屈折力配置を形成しているため3枚構成に比べさらにバックフォーカスが短縮できコンパクト化の点でメリットがある。

#### 【0024】

なお、本実施形態の対物レンズは2枚、3枚、4枚いずれのタイプにおいても、主に第1レンズL1の像側のレンズ面と第2レンズL2の物体側のレンズ面にて正負のテレフォトタイプの屈折力配置としている点が特徴である。よって第1レンズL1、第2レンズL2の屈折力のある程度強めながら第1レンズL1と第2レンズL2の間隔を適切に設定することで光学全長を短縮してコンパクト化を図っている。

#### 【0025】

また第1レンズL1と第2レンズL2に非球面を設けると更に良好な光学性能が提供できる。特に比較的曲率がきつい（曲率半径が小さい）第1レンズL1の像側のレンズ面、第2レンズL2の物体側のレンズ面のいずれか、もしくは両方を非球面とすると、球面収差、コマ収差を良好に補正できるため、高画素の固体撮像素子を用いる場合好適である。

#### 【0026】

更に第1レンズL1の物体側のレンズ面を非球面とすると、球面収差補正能力が高まり、Fナンバーを小さくして口径比を高める場合に特に有効となる。

#### 【0027】

また第2レンズL2の像側のレンズ面を非球面とすると、軸外光束に対しコマ収差補正能力が高まるため、特に画角を大きくした場合に軸外性能を良好にすることができる。

#### 【0028】

また第3レンズL3の物体側のレンズ面を非球面とすると、像面湾曲が良好に補正され平坦な結像特性を提供できる。

#### 【0029】

なおレンズL1、L2、L3の媒質はガラス材料であっても合成樹脂材料（プラスチック材料）であってもよい。特に第3レンズL3は第1レンズ、第2レンズに比べ屈折力を弱くできるので樹脂材料とした場合の温度変化によるピント変動が比較的小さくできる。また第1レンズと第2レンズは屈折力が強いいため樹脂材料とした場合の温度変化によるピント変動が課題となるが、各レンズを同様な屈折力とすればピント変動に関しキャンセル作用が働くため課題を回避できる。このように樹脂材料とした場合はガラス材料に比べ非球面レンズとしながら低コストで作製できるというメリットがある。

#### 【0030】

さらに本実施形態の対物レンズは以下の条件式を満足している。

$$-1.0 < (R11 + R12) / (R11 - R12) < -0.1$$

… (1)

$$1.0 < (R21 + R22) / (R21 - R22) < 3.0$$

… (2)

但し、R11は第1レンズL1の物体側の面の曲率半径、R12は第1レンズL1の像側の面の曲率半径、R21は第2レンズL2の物体側の面の曲率半径、R22は第2レンズL2の像側の面の曲率半径である。

#### 【0031】

条件式(1)は、第1レンズL1の形状因子に関する条件式である。条件式(1)にて-1となる場合は平凸形状であり、-1から0までが両凸形状にて像側レンズ面の曲率が物体側レンズ面の曲率より大きい（曲率半径が小さい）形状となる。条件式(1)の上限を超えると第1レンズL1の像側レンズ面の曲率が緩くなり開口絞りSPに対するコンセン

トリックな形状からずれを生じ非点収差、コマ収差等の発生により軸外性能が低下するため好ましくない。また下限を超えて物体側レンズ面が物体側に凹面となると球面収差の発生が過度となり好ましくない。

#### 【0032】

条件式(2)は、第2レンズL2の形状因子に関する条件式である。条件式(2)にて1となる場合は凹平形状であり、1より大きい場合は物体側に凹面を向けたメニスカス形状となる。条件式(2)の下限を超えると像側レンズ面が凹面となり屈折力が弱いながらもコンセントリックとして軸外収差の発生を低減する作用が弱まる。結果として軸外光束の入射角が大きくなるため像面湾曲、非点収差の発生が課題となる。また上限を超えてメニスカスの度合いが強まりすぎると負レンズとして必要な屈折力を設定できなくなり正レンズL1に対して球面収差、色収差等の収差をキャンセルする作用が薄れるのが課題となる。

10

#### 【0033】

また、本実施形態の対物レンズは更に以下の条件式を満足している。

$$0.1 < |f_2/f| < 0.8 \quad \dots (3)$$

$$0.5 < f_3/f < 3.0 \quad \dots (4)$$

$$(n_1 + n_2)/2 > 0.1 \quad \dots (5)$$

$$0.5 < d_{12}/f < 3.0 \quad \dots (6)$$

但し、 $f_2$ は第2レンズL2の焦点距離、 $f_3$ は第3レンズL3の焦点距離、 $f$ は対物レンズ全系の焦点距離、 $n_1$ 、 $n_2$ はそれぞれ第1レンズL1、第2レンズL2を構成する媒質の屈折率、 $d_{12}$ は第1レンズL1と第2レンズL2の間隔である。

20

#### 【0034】

条件式(3)は第2レンズL2の焦点距離、すなわち屈折力に関する式である。上限を超えて第2レンズL2の屈折力が弱すぎるとベッツバル和が正に大きくなりすぎアンダーの像面湾曲が発生するため好ましくない。また下限を超えて第2レンズL2の屈折力が強すぎると球面収差がオーバー側に補正過剰となり好ましくない。また製造誤差に起因する第2レンズL2の偏芯による中心コマ、片ボケ等の発生も課題となる。

#### 【0035】

条件式(4)は第3レンズL3の焦点距離、すなわち屈折力に関する式である。上限を超えて第3レンズL3の屈折力が弱すぎるとフィールドレンズとしての作用が弱まり射出瞳が像面に近づくため固体撮像素子を用いた場合には画面周辺のシェーディングが問題となる。また下限を超えて第3レンズL3の屈折力が強すぎるとフィルターを挿入するために必要なバックフォーカスが確保できなくなるのが課題となる。

30

#### 【0036】

条件式(5)は第1レンズL1と第2レンズL2の屈折率の平均値に関する式である。本実施形態の対物レンズの第1レンズL1と第2レンズL2は順に正負のテレフォト配置を構成しているため、各レンズともある程度の屈折力をもたせて全長短縮を図っている。この際、所望の屈折力においてはレンズ媒質の屈折率が小さいほど曲率がきつくなる。下限を超えて屈折率が小さくなりすぎるとレンズ面の曲率がきつくなりすぎ高次の球面収差、コマ収差の発生が顕著となり非球面を用いても補正が困難となるため好ましくない。

40

#### 【0037】

条件式(6)は第1レンズL1と第2レンズL2の間隔に関する式である。本実施形態の対物レンズは主に第1レンズL1の像側レンズ面と第2レンズL2の物体側レンズ面にて正負のテレフォトタイプの屈折力配置としているが、このテレフォトタイプの屈折配置を形成する上でこれらのレンズ面間隔を適切に設定することが重要である。条件式(6)の下限を超えて間隔が小さすぎるとテレフォトタイプの屈折力配置とする効果が薄れ光学全長が長くなりコンパクト化の点で好ましくない。また上限を超えて間隔が大きくなりすぎるとフィルター挿入に必要なバックフォーカスが確保できなくなるのが課題となる。

#### 【0038】

次に数値実施例1～23の数値データを示す。各数値実施例において、 $R_i$ は物体側より

50

順に第  $i$  番目の面 (第  $i$  面) の曲率半径、 $D_i$  は第  $i$  面と第  $(i+1)$  面との間の間隔、 $N_i$  と  $\nu_i$  はそれぞれ第  $i$  番目の部材の  $d$  線に対する屈折率、アッペ数である。そして、 $f$  は焦点距離、 $Fno$  は  $F$  ナンバー、 $\omega$  は半画角である。

【0039】

非球面形状は、光軸方向に  $x$  軸、光軸と垂直方向に  $h$  軸、光の進行方向を正とし、 $R$  を近軸曲率半径、 $k$  を円錐定数、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  を各々非球面係数としたとき、

【外1】

$$x = \frac{(1/R) h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) (h/R)^2}} + B h^4 + C h^6 + D h^8 + E h^{10}$$

10

なる式で表している。なお「 $e \pm Z$ 」は「 $\times 10^{\pm Z}$ 」を表している。

【0040】

また前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0041】

(数値実施例1)

$f = 4.500$   $Fno = 4.00$   $2\omega = 70.8^\circ$

$R_1 =$  絞り  $D_1 = 0.05$

$R_2 = 3.347$   $D_2 = 1.30$   $N_1 = 1.609700$   $\nu_1 = 57.8$

20

$R_3 = -1.082$   $D_3 = 0.29$

$R_4 = -0.781$   $D_4 = 1.00$   $N_2 = 1.814740$   $\nu_2 = 37.0$

$R_5 = -7.082$   $D_5 = 0.47$

$R_6 = 1.960$   $D_6 = 1.45$   $N_3 = 1.609700$   $\nu_3 = 57.8$

$R_7 = 8.103$   $D_7 = 0.50$

$R_8 = ?$   $D_8 = 0.75$   $N_4 = 1.516330$   $\nu_4 = 64.1$

30

$R_9 = ?$

## 非球面係数

## 第2面

$$k=6.16735e+00$$

$$B=-8.58545e-02 \quad C=1.98508e-02 \quad D=-3.31078e-01 \quad E=3.14242e-01$$

## 第3面

$$k=-4.37113e+00$$

$$B=-2.52227e-01 \quad C=2.43272e-01 \quad D=-2.90238e-01 \quad E=1.30428e-01$$

10

## 第4面

$$k=-2.72888e+00$$

$$B=-7.80081e-02 \quad C=1.52160e-01 \quad D=-2.15722e-01 \quad E=1.29902e-01$$

## 第5面

$$k=-4.93025e+01$$

$$B=2.29842e-02 \quad C=2.04252e-02 \quad D=-1.03655e-02 \quad E=2.11986e-03$$

## 第6面

20

$$k=-6.61590e+00$$

$$B=4.04050e-03 \quad C=-1.22536e-04 \quad D=4.54480e-05 \quad E=-3.78066e-06$$

## 第7面

$$k=-6.07398e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 4 2】

(数值实施例2)

30

$$f=4.500 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=70.8^\circ$$

$$R_1 = \text{絞り} \quad D_1 = 0.05$$

$$R_2 = 4.378 \quad D_2 = 1.30 \quad N_1 = 1.714300 \quad \nu_1 = 38.9$$

$$R_3 = -1.276 \quad D_3 = 0.29$$

$$R_4 = -0.797 \quad D_4 = 1.00 \quad N_2 = 1.839170 \quad \nu_2 = 23.9$$

$$R_5 = -3.413 \quad D_5 = 0.70$$

40

$$R_6 = 3.086 \quad D_6 = 1.45 \quad N_3 = 1.693840 \quad \nu_3 = 53.1$$

$$R_7 = 9.047 \quad D_7 = 0.50$$

$$R_8 = \infty \quad D_8 = 0.75 \quad N_4 = 1.516330 \quad \nu_4 = 64.1$$

$$R_9 = \infty$$

50



## 非球面係数

## 第2面

$$k=1.19204e+01$$

$$B=-7.99231e-02 \quad C=3.48264e-02 \quad D=-3.97640e-01 \quad E=4.25675e-01$$

## 第3面

$$k=-5.30315e+00$$

$$B=-2.66192e-01 \quad C=2.37700e-01 \quad D=-2.17984e-01 \quad E=7.83461e-02$$

10

## 第4面

$$k=-2.27857e+00$$

$$B=-6.67579e-02 \quad C=1.75921e-01 \quad D=-1.95240e-01 \quad E=9.34029e-02$$

## 第5面

$$k=-1.97347e+01$$

$$B=2.47475e-02 \quad C=2.91784e-02 \quad D=-1.40981e-02 \quad E=2.53952e-03$$

## 第6面

20

$$k=-6.04971e+00$$

$$B=3.13146e-03 \quad C=-1.10723e-04 \quad D=5.84522e-05 \quad E=-4.99909e-06$$

## 第7面

$$k=-1.99347e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 4 3】

(数值实施例3)

30

$$f=4.500 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=70.8^\circ$$

$$R1= \text{絞り} \quad D1=0.05$$

$$R2=4.378 \quad D2=1.30 \quad N1=1.632460 \quad \nu1=63.8$$

$$R3=-1.306 \quad D3=0.41$$

$$R4=-0.868 \quad D4=1.00 \quad N2=1.810000 \quad \nu2=41.0$$

$$R5=-2.928 \quad D5=0.70$$

40

$$R6=4.158 \quad D6=1.45 \quad N3=1.632460 \quad \nu3=63.8$$

$$R7=14.493 \quad D7=0.50$$

$$R8=\infty \quad D8=0.75 \quad N4=1.516330 \quad \nu4=64.1$$

$$R9=\infty$$

50

## 非球面係数

## 第2面

$$k=1.19116e+01$$

$$B=-8.03371e-02 \quad C=3.48264e-02 \quad D=-3.97640e-01 \quad E=4.25675e-01$$

## 第3面

$$k=-5.34773e+00$$

$$B=-2.66097e-01 \quad C=2.37700e-01 \quad D=-2.17984e-01 \quad E=7.83461e-02$$

10

## 第4面

$$k=-2.39867e+00$$

$$B=-6.65105e-02 \quad C=1.75921e-01 \quad D=-1.95240e-01 \quad E=9.34029e-02$$

## 第5面

$$k=-1.97321e+01$$

$$B=2.38197e-02 \quad C=2.91782e-02 \quad D=-1.40981e-02 \quad E=2.53952e-03$$

## 第6面

$$k=-6.05530e+00$$

$$B=3.81020e-03 \quad C=-1.09442e-04 \quad D=5.84536e-05 \quad E=-4.99909e-06$$

20

## 第7面

$$k=-1.99346e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 4 4】

(数值実施例4)

30

$$f=4.500 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=70.8^\circ$$

$$R1= \text{絞り} \quad D1=0.05$$

$$R2=4.389 \quad D2=1.30 \quad N1=1.632460 \quad \nu1=63.8$$

$$R3=-1.201 \quad D3=0.31$$

$$R4=-0.814 \quad D4=1.00 \quad N2=1.714300 \quad \nu2=38.9$$

$$R5=-6.908 \quad D5=0.70$$

40

$$R6=2.297 \quad D6=1.45 \quad N3=1.632460 \quad \nu3=63.8$$

$$R7=9.708 \quad D7=0.50$$

$$R8=\infty \quad D8=0.75 \quad N4=1.516330 \quad \nu4=64.1$$

$$R9=\infty$$

50

## 非球面係数

## 第2面

$$k=1.03994e+01$$

$$B=-8.07407e-02 \quad C=4.48985e-02 \quad D=-3.95718e-01 \quad E=3.80434e-01$$

## 第3面

$$k=-4.63697e+00$$

$$B=-2.75335e-01 \quad C=2.44660e-01 \quad D=-2.13547e-01 \quad E=6.85467e-02$$

10

## 第4面

$$k=-2.02576e+00$$

$$B=-7.95402e-02 \quad C=1.88531e-01 \quad D=-1.85872e-01 \quad E=8.08186e-02$$

## 第5面

$$k=4.41681e-02$$

$$B=1.82612e-02 \quad C=3.04258e-02 \quad D=-1.31251e-02 \quad E=2.20164e-03$$

## 第6面

20

$$k=-6.30152e+00$$

$$B=4.08270e-03 \quad C=-2.83674e-04 \quad D=5.69613e-05 \quad E=-3.41579e-06$$

## 第7面

$$k=-3.03996e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 4 5】

(数值实施例5)

30

$$f=4.500 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=70.8^\circ$$

$$R1= \text{絞り} \quad D1=0.05$$

$$R2=4.571 \quad D2=1.30 \quad N1=1.609700 \quad \nu1=57.8$$

$$R3=-1.184 \quad D3=0.34$$

$$R4=-0.781 \quad D4=1.00 \quad N2=1.693200 \quad \nu2=33.7$$

$$R5=-5.067 \quad D5=0.70$$

40

$$R6=2.229 \quad D6=1.45 \quad N3=1.609700 \quad \nu3=57.8$$

$$R7=8.238 \quad D7=0.50$$

$$R8=\infty \quad D8=0.75 \quad N4=1.516330 \quad \nu4=64.1$$

$$R9=\infty$$

50

## 非球面係数

## 第2面

$$k=1.29338e+01$$

$$B=-8.23872e-02 \quad C=3.36772e-02 \quad D=-3.95698e-01 \quad E=3.80852e-01$$

## 第3面

$$k=-4.53440e+00$$

$$B=-2.80582e-01 \quad C=2.45983e-01 \quad D=-2.20601e-01 \quad E=7.17222e-02$$

10

## 第4面

$$k=-1.97915e+00$$

$$B=-8.01820e-02 \quad C=1.89678e-01 \quad D=-1.90093e-01 \quad E=8.22586e-02$$

## 第5面

$$k=-3.10803e+00$$

$$B=1.89307e-02 \quad C=3.03647e-02 \quad D=-1.32239e-02 \quad E=2.18279e-03$$

## 第6面

$$k=-6.07102e+00$$

$$B=4.39684e-03 \quad C=-3.21877e-04 \quad D=5.72298e-05 \quad E=-3.06716e-06$$

20

## 第7面

$$k=-2.25246e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 4 6】

(数值实施例6)

30

$$f=4.300 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=59.4^\circ$$

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 7.000	D 2= 1.30	N 1= 1.805720	$\nu$ 1= 40.9
R 3= -1.491	D 3= 0.35		
R 4= -0.752	D 4= 0.90	N 2= 1.833100	$\nu$ 2= 24.1
R 5= -2.196	D 5= 0.59		
R 6= 3.434	D 6= 1.30	N 3= 1.509400	$\nu$ 3= 56.0
R 7= 94.939	D 7= 0.93		
R 8= $\infty$	D 8= 0.45	N 4= 1.516330	$\nu$ 4= 64.1
R 9= $\infty$	D 9= 0.20		
R10= $\infty$	D10= 0.30	N 5= 1.516330	$\nu$ 5= 64.1
R11= $\infty$			

10

20

## 非球面係数

## 第2面

k=-1.98829e+01

B=-2.94376e-02 C=-2.28908e-01 D=6.49590e-01 E=-7.86874e-01

## 第3面

k=-7.14362e+00

B=-2.55662e-01 C=2.09030e-01 D=-1.26093e-01 E=1.26205e-02

## 第4面

k=-1.87028e+00

B=2.82005e-02 C=5.98744e-02 D=-5.46010e-03 E=-5.24608e-02

## 第5面

k=-4.39021e+00

B=6.36128e-02 C=5.74008e-03 D=1.00085e-04 E=-2.76199e-03

## 第6面

k=-4.01555e+00

B=-9.87994e-04 C=-9.88041e-04 D=3.84284e-04 E=-4.43128e-05

30

40

【 0 0 4 7 】

(数值実施例7)

f= 4.500 Fno= 4.00 2 $\omega$ = 70.8 °

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 3.845	D 2= 1.30	N 1= 1.491710	v 1= 57.4
R 3= -1.187	D 3= 0.45		
R 4= -0.668	D 4= 1.00	N 2= 1.583060	v 2= 30.2
R 5= -2.931	D 5= 0.27		
R 6= 1.695	D 6= 1.45	N 3= 1.491710	v 3= 57.4
R 7= 5.540	D 7= 0.50		
R 8= ∞	D 8= 0.75	N 4= 1.516330	v 4= 64.1
R 9= ∞			

10

## 非球面係数

## 第2面

20

k=1.15337e+01

B=-8.57102e-02 C=4.08806e-02 D=-4.04333e-01 E=3.80692e-01

## 第3面

k=-4.47773e+00

B=-2.81430e-01 C=2.43700e-01 D=-2.19842e-01 E=7.15971e-02

## 第4面

k=-1.94984e+00

30

B=-7.92771e-02 C=1.90049e-01 D=-1.90377e-01 E=8.24546e-02

## 第5面

k=-3.35980e+00

B=2.24381e-02 C=3.06595e-02 D=-1.34054e-02 E=2.19811e-03

## 第6面

k=-5.72559e+00

B=5.29837e-03 C=-3.20106e-04 D=5.79967e-05 E=-2.83865e-06

40

## 第7面

k=-2.35691e+01

B=0.00000e+00 C=0.00000e+00 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

【0 0 4 8】

(数值実施例8)

f= 4.500 Fno= 4.00 2ω= 70.8 °

50

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 4.480	D 2= 1.30	N 1= 1.609700	v 1= 57.8
R 3= -1.184	D 3= 0.35		
R 4= -0.736	D 4= 1.00	N 2= 1.693200	v 2= 33.7
R 5= -4.513	D 5= 0.51		
R 6= 1.900	D 6= 1.45	N 3= 1.491710	v 3= 57.4
R 7= 14.643	D 7= 0.50		
R 8= $\infty$	D 8= 0.75	N 4= 1.516330	v 4= 64.1
R 9= $\infty$			

10

## 非球面係数

20

## 第2面

k=1.43365e+01

B=-9.14011e-02 C=8.39441e-02 D=-5.34140e-01 E=5.09483e-01

## 第3面

k=-4.53190e+00

B=-2.82355e-01 C=2.46895e-01 D=-2.20146e-01 E=7.21410e-02

## 第4面

k=-1.94437e+00

B=-8.00758e-02 C=1.89855e-01 D=-1.88017e-01 E=8.22559e-02

## 第5面

k=-3.39972e+00

B=1.92261e-02 C=3.02203e-02 D=-1.31812e-02 E=2.23192e-03

## 第6面

k=-5.99275e+00

B=4.83485e-03 C=-3.20884e-04 D=5.19715e-05 E=-2.65021e-06

## 第7面

k=-4.58361e+01

B=0.00000e+00 C=0.00000e+00 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

【0 0 4 9】

(数值実施例9)

f= 4.500 Fno= 4.00 2 $\omega$ = 57.1 °

50

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 7.125	D 2= 1.30	N 1= 1.810000	v 1= 41.0
R 3= -1.488	D 3= 0.35		
R 4= -0.771	D 4= 0.90	N 2= 1.839170	v 2= 23.9
R 5= -2.285	D 5= 0.60		
R 6= 3.948	D 6= 1.30	N 3= 1.509400	v 3= 56.0
R 7=157.300	D 7= 0.50		
R 8= ∞	D 8= 0.75	N 4= 1.516330	v 4= 64.1
R 9= ∞			

10

## 非球面係数

## 第2面

20

k=1.52136e+01

B=-3.42217e-02 C=-3.00596e-01 D=9.16633e-01 E=-1.14579e+00

## 第3面

k=-7.11277e+00

B=-2.29421e-01 C=1.38893e-01 D=-3.05804e-02 E=-4.80414e-02

## 第4面

k=-2.37590e+00

B=-2.13107e-02 C=5.60026e-02 D=3.91037e-02 E=-9.71100e-02

## 第5面

k=-7.68532e+00

B=5.53530e-02 C=6.61574e-03 D=-4.28114e-04 E=-2.96930e-03

## 第6面

k=-4.00101e+00

B=-1.13763e-02 C=-3.55547e-03 D=2.34948e-03 E=-3.74832e-04

## 第7面

k=-1.78944e+08

B=-1.60562e-02 C=1.42173e-03 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

【0 0 5 0】

(数值实施例10)

f= 4.501 Fno= 4.00 2ω= 70.8 °

30

40

50



R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 2.842	D 2= 1.25	N 1= 1.583126	v 1= 59.4
R 3= -1.083	D 3= 0.28		
R 4= -0.764	D 4= 1.00	N 2= 1.814740	v 2= 37.0
R 5= -6.085	D 5= 0.33		
R 6= 1.796	D 6= 1.50	N 3= 1.491710	v 3= 57.4
R 7= 24.414	D 7= 0.50		
R 8= ∞	D 8= 0.75	N 4= 1.516330	v 4= 64.1
R 9= ∞			

10

## 非球面係数

## 第2面

20

k=4.23811e+00

B=-8.89097e-02 C=5.72772e-02 D=-4.39155e-01 E=3.67743e-01

## 第3面

k=-4.42579e+00

B=-2.30878e-01 C=2.11768e-01 D=-3.36818e-01 E=1.81188e-01

## 第4面

k=-2.81268e+00

B=-5.24869e-02 C=1.13610e-01 D=-2.76950e-01 E=2.11041e-01

30

## 第5面

k=-2.72034e+01

B=4.27880e-02 C=9.38861e-03 D=-9.57823e-03 E=3.25755e-03

## 第6面

k=-6.21575e+00

B=-1.63149e-04 C=-3.48201e-04 D=-2.91717e-04 E=3.59434e-05

40

## 第7面

k=1.44403e+01

B=7.55552e-04 C=-2.15347e-03 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

【0 0 5 1】

(数值実施例11)

f= 4.500 Fno= 4.00 2ω= 70.8 °

50

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 3.226	D 2= 1.30	N 1= 1.583126	$\nu$ 1 = 59.4
R 3= -1.101	D 3= 0.31		
R 4= -0.792	D 4= 1.00	N 2= 1.814740	$\nu$ 2 = 37.0
R 5= -5.364	D 5= 0.44		
R 6= 2.081	D 6= 1.45	N 3= 1.583126	$\nu$ 3 = 59.4
R 7= 11.393	D 7= 0.50		
R 8= $\infty$	D 8= 0.75	N 4= 1.516330	$\nu$ 4 = 64.1
R 9= $\infty$			

10

## 非球面係数

## 第2面

20

k=5.00738e+00

B=-7.95400e-02 C=2.87796e-02 D=-3.09738e-01 E=2.55455e-01

## 第3面

k=-4.81855e+00

B=-2.43287e-01 C=2.39557e-01 D=-3.12325e-01 E=1.43942e-01

## 第4面

k=-3.06122e+00

30

B=-6.55253e-02 C=1.43670e-01 D=-2.64191e-01 E=1.62563e-01

## 第5面

k=-6.40690e+01

B=2.89728e-02 C=1.74279e-02 D=-1.22688e-02 E=2.80179e-03

## 第6面

k=-6.04472e+00

B=3.96381e-03 C=5.71391e-05 D=5.57264e-06 E=-1.22618e-06

40

## 第7面

k=-5.31874e+01

B=0.00000e+00 C=0.00000e+00 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

【0 0 5 2】

(数值実施例1 2)

f= 4.500 Fno= 4.00  $2\omega = 70.8^\circ$ 

50

R 1= 絞り            D 1= 0.05  
 R 2= 2.733            D 2= 1.45            N 1= 1.589130            v 1= 61.3  
 R 3= -1.226            D 3= 0.28  
 R 4= -0.751            D 4= 1.00            N 2= 1.814740            v 2= 37.0  
 R 5= -3.664            D 5= 0.37  
 R 6= 1.995            D 6= 1.40            N 3= 1.583130            v 3= 59.5  
 R 7= 7.185            D 7= 1.94

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=-8.38274e-01  
 B=-2.08837e-02    C=-4.02686e-02    D=4.48434e-02    E=-1.14422e-01

20

#### 第3面

k=-4.05309e+00  
 B=-1.16605e-01    C=-3.80119e-03    D=-2.45288e-02    E=8.75563e-03

#### 第4面

k=-2.83282e+00  
 B=-7.95437e-02    C=7.11016e-02    D=-1.04932e-01    E=5.29961e-02

30

#### 第5面

k=-4.48748e+00  
 B=7.52732e-02    C=-2.47790e-02    D=1.06064e-02    E=-1.96689e-03

#### 第6面

k=-5.20297e+00  
 B=7.02500e-04    C=8.29486e-04    D=-9.12678e-05    E=4.34274e-06

#### 第7面

k=-3.81764e+01  
 B=0.00000e+00    C=0.00000e+00    D=0.00000e+00    E=0.00000e+00

40

【0 0 5 3】

(数值実施例13)

f= 4.501    Fno= 4.00    2ω= 70.8 °

R 1= 絞り            D 1= 0.10  
 R 2= 1.983            D 2= 1.25            N 1= 1.589130        v 1= 61.3  
 R 3= -1.531           D 3= 0.23  
 R 4= -0.818           D 4= 1.00            N 2= 1.814740        v 2= 37.0  
 R 5= -6.455           D 5= 0.32  
 R 6= 1.388            D 6= 1.40            N 3= 1.491710        v 3= 57.4  
 R 7= 3.852            D 7= 1.72

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=4.58606e+00

B=-9.01823e-02    C=-1.37000e-01    D=1.37663e-01    E=-5.42601e-01

20

#### 第3面

k=-3.97477e+00

B=-2.57461e-01    C=1.53969e-01    D=-3.36933e-01    E=2.06825e-01

#### 第4面

k=-3.58007e+00

B=-5.58810e-01    C=9.42463e-01    D=-1.28626e+00    E=7.47407e-01

30

#### 第5面

k=-3.40282e-01

B=-6.74981e-02    C=1.28926e-01    D=-6.03928e-02    E=1.19873e-02

#### 第6面

k=-5.58202e+00

B=-1.81477e-02    C=4.45479e-03    D=-1.75950e-04    E=-6.94920e-05

#### 第7面

k=-4.35223e-01

B=-3.30398e-02    C=-1.31791e-03    D=1.16762e-03    E=-1.39114e-04

40

【 0 0 5 4 】

(数值実施例 1 4)

f= 4.501    Fno= 4.00    2ω= 70.8 °

R 1= 絞り            D 1= 0.10  
 R 2= 1.985            D 2= 1.25            N 1= 1.589130        v 1= 61.3  
 R 3= -1.609           D 3= 0.23  
 R 4= -0.867           D 4= 1.00            N 2= 1.814740        v 2= 37.0  
 R 5= -5.485           D 5= 0.48  
 R 6= 1.496            D 6= 1.40            N 3= 1.491710        v 3= 57.4  
 R 7= 3.070            D 7= 1.54

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=4.58907e+00

B=-8.92970e-02 C=-1.37341e-01 D=1.38807e-01 E=-5.34763e-01

20

#### 第3面

k=-4.01601e+00

B=-2.57713e-01 C=1.54343e-01 D=-3.33490e-01 E=2.03944e-01

#### 第4面

k=-3.50642e+00

B=-5.56975e-01 C=9.43454e-01 D=-1.28937e+00 E=7.48294e-01

#### 第5面

k=-1.92013e+00

B=-6.66755e-02 C=1.29249e-01 D=-6.04606e-02 E=1.21338e-02

30

#### 第6面

k=-4.99574e+00

B=-1.90402e-02 C=3.99856e-03 D=-3.29057e-05 E=-6.85647e-05

#### 第7面

k=-7.89170e-01

B=-3.23420e-02 C=-1.93826e-03 D=1.12646e-03 E=-1.16186e-04

40

【0 0 5 5】

(数值実施例15)

f= 3.700 Fno= 2.80 2ω= 67.0 °

R 1= 絞り D 1= 0.33  
 R 2= 2.415 D 2= 1.50 N 1= 1.589130 v 1= 61.3  
 R 3= -1.231 D 3= 0.18  
 R 4= -0.739 D 4= 0.80 N 2= 1.814740 v 2= 37.0  
 R 5= -13.424 D 5= 0.15  
 R 6= 1.251 D 6= 1.10 N 3= 1.693500 v 3= 53.2  
 R 7= 6.116 D 7= 1.88

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=-1.61821e+01

B=1.26339e-01 C=-1.49453e-01 D=1.21928e-01 E=-7.59444e-02

20

#### 第3面

k=-6.29733e+00

B=-1.70865e-01 C=6.69123e-02 D=-3.54099e-02 E=6.45041e-03

#### 第4面

k=-3.46803e+00

B=-1.75461e-01 C=1.75124e-01 D=-1.03858e-01 E=3.37914e-02

30

#### 第5面

k=8.71851e+01

B=-9.94954e-02 C=1.11730e-01 D=-5.14524e-02 E=1.29992e-02

#### 第6面

k=-5.81742e+00

B=4.06992e-03 C=-9.85788e-03 D=-2.20726e-03 E=7.06212e-04

#### 第7面

k=-1.28505e+01

B=5.20884e-02 C=-4.00771e-02 D=8.97360e-03 E=-8.09832e-04

40

[ 0 0 5 6 ]

(数值実施例16).

f= 3.700 Fno= 4.00 2ω= 67.0 °

R 1= 絞り D 1= 0.47  
 R 2= 2.364 D 2= 1.45 N 1= 1.589130 v 1= 61.3  
 R 3= -1.041 D 3= 0.18  
 R 4= -0.658 D 4= 0.80 N 2= 1.814740 v 2= 37.0  
 R 5= -4.290 D 5= 0.30  
 R 6= 1.107 D 6= 1.10 N 3= 1.583130 v 3= 59.5  
 R 7= 2.255 D 7= 1.60

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=9.90592e-01

B=-2.25054e-02 C=-4.54899e-02 D=4.63515e-02 E=-4.69035e-02

20

#### 第3面

k=-7.09828e+00

B=-2.54234e-01 C=1.06505e-01 D=2.98728e-02 E=-3.67516e-02

#### 第4面

k=-3.93497e+00

B=-3.12939e-01 C=3.62234e-01 D=-1.57703e-01 E=2.19663e-02

#### 第5面

k=1.41211e+00

B=-5.14026e-02 C=8.20506e-02 D=-2.41747e-02 E=3.73633e-03

30

#### 第6面

k=-4.37315e+00

B=-2.50635e-02 C=-7.73309e-04 D=1.34337e-03 E=-4.33101e-04

#### 第7面

k=-8.22941e-01

B=-6.01651e-02 C=9.12086e-03 D=-1.39839e-03 E=3.10504e-05

40

【0 0 5 7】

(数值実施例17)

f= 5.740 Fno= 4.00 2ω= 60.5 °

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 2.571	D 2= 1.45	N 1= 1.589130	v 1= 61.3
R 3= -2.070	D 3= 0.33		
R 4= -0.982	D 4= 0.80	N 2= 1.814740	v 2= 37.0
R 5= -4.275	D 5= 0.78		
R 6= 2.844	D 6= 1.40	N 3= 1.693500	v 3= 53.2
R 7= 10.180	D 7= 2.68		

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=-2.27464e+01

B=1.49141e-01 C=-2.32289e-01 D=2.46083e-01 E=-1.66546e-01

20

#### 第3面

k=-6.61484e+00

B=-1.85610e-01 C=7.83235e-02 D=-6.13472e-02 E=1.36395e-02

#### 第4面

k=-1.15689e+00

B=-5.74285e-02 C=1.80332e-01 D=-1.87820e-01 E=6.58450e-02

30

#### 第5面

k=7.02158e+00

B=1.35403e-02 C=6.88815e-02 D=-3.31295e-02 E=7.16268e-03

#### 第6面

k=-1.10625e+01

B=4.56501e-03 C=-4.40532e-04 D=3.89534e-05 E=-1.42304e-06

#### 第7面

k=-1.20791e+02

B=0.00000e+00 C=0.00000e+00 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

40

【 0 0 5 8 】

(数值実施例 1 8)

f= 4.100 Fno= 4.00 2ω= 61.7 °



R 1= 絞り D 1= 0.18  
 R 2= 2.284 D 2= 1.40 N 1= 1.589130 v 1= 61.3  
 R 3= -1.379 D 3= 0.27  
 R 4= -0.652 D 4= 0.80 N 2= 1.814740 v 2= 37.0  
 R 5= -2.937 D 5= 0.20  
 R 6= 1.472 D 6= 1.25 N 3= 1.589130 v 3= 61.3  
 R 7= 5.970 D 7= 1.89

10

### 非球面係数

#### 第2面

k=6.53519e+00

B=-8.75681e-02 C=-1.09551e-01 D=6.04964e-02 E=-3.45418e-01

20

#### 第3面

k=-1.10076e+01

B=-4.48064e-01 C=5.77645e-01 D=-6.63715e-01 E=2.92539e-01

#### 第4面

k=-3.25374e+00

B=-4.99765e-01 C=1.04344e+00 D=-1.24046e+00 E=5.78701e-01

#### 第5面

k=-2.38572e+00

B=-1.00182e-02 C=1.15899e-01 D=-6.42586e-02 E=1.35901e-02

30

#### 第6面

k=-7.76116e+00

B=5.84699e-03 C=5.80957e-04 D=-2.15246e-04 E=2.48015e-05

#### 第7面

k=-4.09970e+01

B=0.00000e+00 C=0.00000e+00 D=0.00000e+00 E=0.00000e+00

40

[0 0 5 9]

(数值実施例19)

f= 4.454 Fno= 4.00 2ω= 57.6 °

R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 28.400	D 2= 1.30	N 1= 1.772499	$\nu$ 1= 49.6
R 3= -1.348	D 3= 0.39		
R 4= -0.848	D 4= 0.90	N 2= 1.833100	$\nu$ 2= 24.1
R 5= -1.840	D 5= 2.41		
R 6= $\infty$	D 6= 0.45	N 3= 1.516330	$\nu$ 3= 64.1
R 7= $\infty$	D 7= 0.20		
R 8= $\infty$	D 8= 0.30	N 4= 1.516330	$\nu$ 4= 64.1
R 9= $\infty$			

10

## 非球面係数

## 第2面

20

k=8.36502e+02

B=-5.95348e-02 C=-2.47814e-01 D=5.35262e-01 E=-6.50223e-01

## 第3面

k=-6.08034e+00

B=-2.77113e-01 C=2.21125e-01 D=-1.45743e-01 E=2.45699e-02

## 第4面

k=-1.83361e+00

B=-1.21105e-02 C=1.18096e-01 D=-4.77536e-02 E=-2.67989e-02

30

## 第5面

k=-1.84053e+00

B=4.88988e-02 C=1.15709e-02 D=5.92701e-03 E=-5.24730e-03

【0 0 6 0】

(数值実施例20)

f= 4.477 Fno= 4.00  $2\omega = 57.4^\circ$ 

40

R 1= 絞り	D 1= 0.00		
R 2= 2.197	D 2= 1.06	N 1= 1.524700	v 1= 56.2
R 3= -1.513	D 3= 0.30		
R 4= -0.776	D 4= 0.70	N 2= 1.583060	v 2= 30.2
R 5= -2.820	D 5= 0.24		
R 6= -3.474	D 6= 0.70	N 3= 1.524700	v 3= 56.2
R 7= -3.335	D 7= 0.10		
R 8= 2.675	D 8= 1.13	N 4= 1.524700	v 4= 56.2
R 9= 4.125	D 9= 1.71		

## 非球面係数

## 第2面

$$k=-2.29271e+01$$

$$B=2.12657e-01 \quad C=-4.97671e-01 \quad D=5.76067e-01 \quad E=-5.96599e-01$$

## 第3面

$$k=-9.22112e-01$$

$$B=-1.85746e-01 \quad C=6.09550e-02 \quad D=-8.36343e-02 \quad E=5.44753e-03$$

10

## 第4面

$$k=-7.67404e-01$$

$$B=-4.04114e-02 \quad C=5.62222e-01 \quad D=-6.51192e-01 \quad E=3.62743e-01$$

## 第5面

$$k=-2.60203e+01$$

$$B=-1.12970e-01 \quad C=2.30159e-01 \quad D=-1.35806e-01 \quad E=3.44147e-02$$

## 第6面

20

$$k=8.72949e+00$$

$$B=8.84236e-02 \quad C=-1.54275e-01 \quad D=1.12406e-01 \quad E=-4.15953e-02$$

## 第7面

$$k=-2.01151e+01$$

$$B=5.28310e-02 \quad C=-5.62750e-02 \quad D=1.83877e-02 \quad E=-2.96462e-03$$

## 第8面

$$k=-9.82080e-01$$

30

$$B=-2.08810e-02 \quad C=3.49537e-03 \quad D=-3.20603e-04 \quad E=1.22336e-05$$

## 第9面

$$k=-4.56042e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 6 1】

(数值实施例21)

40

$$f=4.479 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=71.1^\circ$$

R 1= 絞り	D 1= 0.00		
R 2= 2.175	D 2= 1.24	N 1= 1.491710	v 1= 57.4
R 3= -1.755	D 3= 0.39		
R 4= -0.725	D 4= 0.70	N 2= 1.583060	v 2= 30.2
R 5= -2.355	D 5= 0.10		
R 6= 11.104	D 6= 0.75	N 3= 1.491710	v 3= 57.4
R 7=-12.331	D 7= 0.10		
R 8= 2.281	D 8= 1.05	N 4= 1.524700	v 4= 56.2
R 9= 2.944	D 9= 1.67		

## 非球面係数

## 第2面

$$k=2.12184e-01$$

$$B=-3.27859e-02 \quad C=-3.10002e-02 \quad D=-1.72472e-02 \quad E=-5.92294e-02$$

## 第3面

$$k=-4.91103e+00$$

$$B=-2.12527e-01 \quad C=5.30936e-03 \quad D=6.77408e-02 \quad E=-7.62324e-02$$

10

## 第4面

$$k=-1.68356e+00$$

$$B=-1.79957e-01 \quad C=2.27703e-01 \quad D=-2.28509e-02 \quad E=-6.74392e-02$$

## 第5面

$$k=1.37952e-01$$

$$B=-2.75881e-02 \quad C=1.07214e-01 \quad D=-3.34999e-02 \quad E=7.19586e-03$$

## 第6面

$$k=-6.83843e+01$$

$$B=-8.02638e-02 \quad C=-2.79767e-03 \quad D=4.41503e-03 \quad E=-4.67332e-03$$

20

## 第7面

$$k=4.67356e+01$$

$$B=2.44993e-02 \quad C=-1.65263e-02 \quad D=3.35222e-03 \quad E=-3.71150e-04$$

## 第8面

$$k=-1.32376e+01$$

$$B=1.93488e-02 \quad C=-4.10484e-03 \quad D=5.39604e-04 \quad E=-2.89967e-05$$

30

## 第9面

$$k=-2.10096e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=0.00000e+00 \quad D=0.00000e+00 \quad E=0.00000e+00$$

【0 0 6 2】

(数值实施例22)

$$f=5.740 \quad Fno=4.00 \quad 2\omega=60.5^\circ$$

40

R 1= 絞り	D 1= 0.17		
R 2= 2.966	D 2= 1.15	N 1= 1.491800	v 1= 56.0
R 3= -1.983	D 3= 0.52		
R 4= -0.789	D 4= 0.70	N 2= 1.585500	v 2= 30.2
R 5= -2.197	D 5= 0.10		
R 6= 2.394	D 6= 0.85	N 3= 1.524700	v 3= 56.2
R 7= 37.710	D 7= 0.89		
R 8= -2.305	D 8= 1.80	N 4= 1.524700	v 4= 56.2
R 9= -3.148	D 9= 1.30		

## 非球面係数

## 第2面

$$k=-2.93518e+00$$

$$B=-2.28495e-02 \quad C=-3.64285e-02 \quad D=4.77500e-03 \quad E=-3.73734e-02$$

## 第3面

$$k=-1.48490e+00$$

$$B=-8.46636e-02 \quad C=-1.70004e-02 \quad D=1.47367e-02 \quad E=-1.34475e-02$$

10

## 第4面

$$k=-2.09366e+00$$

$$B=-4.38542e-02 \quad C=1.07912e-01 \quad D=-5.80549e-02 \quad E=1.68042e-02$$

## 第5面

$$k=-1.10606e+00$$

$$B=5.81023e-02 \quad C=2.73736e-02 \quad D=-8.15190e-03 \quad E=1.70229e-03$$

## 第6面

20

$$k=-1.23588e+01$$

$$B=-7.99009e-03 \quad C=-6.21774e-03 \quad D=7.33792e-04 \quad E=-3.23767e-04$$

## 第7面

$$k=1.96932e+02$$

$$B=2.74421e-03 \quad C=-2.75100e-04 \quad D=-4.64186e-04 \quad E=4.92294e-05$$

## 第8面

$$k=-5.37875e-01$$

30

$$B=-2.96560e-03 \quad C=4.34754e-03 \quad D=9.14878e-06 \quad E=-2.15230e-05$$

## 第9面

$$k=-4.95890e-01$$

$$B=-2.78017e-03 \quad C=-2.21654e-04 \quad D=8.12402e-05 \quad E=-1.44185e-05$$

【0 0 6 3】

(数值实施例23)

$$f=4.078 \quad Fno=4.01 \quad 2\omega=62.0^\circ$$

40



R 1= 絞り	D 1= 0.05		
R 2= 2.996	D 2= 1.00	N 1= 1.524700	v 1 = 56.2
R 3= -1.641	D 3= 0.44		
R 4= -0.677	D 4= 0.70	N 2= 1.583060	v 2 = 30.2
R 5= -2.506	D 5= 0.10		
R 6= 1.882	D 6= 1.26	N 3= 1.524700	v 3 = 56.2
R 7= -3.332	D 7= 0.48		
R 8= -1.354	D 8= 0.72	N 4= 1.583060	v 4 = 30.2
R 9= -2.310	D 9= 1.22		

## 非球面係数

## 第2面

$$k=-1.23624e+01$$

$$B=0.00000e+00 \quad C=-1.30462e-01 \quad D=1.16070e-01 \quad E=-2.61064e-01$$

## 第3面

$$k=-3.66568e-01$$

$$B=-1.21079e-01 \quad C=-2.80057e-02 \quad D=9.28937e-02 \quad E=-8.80623e-02$$

10

## 第4面

$$k=-2.20647e+00$$

$$B=-3.14623e-01 \quad C=4.69745e-01 \quad D=-9.55122e-02 \quad E=-7.82209e-02$$

## 第5面

$$k=1.68609e+00$$

$$B=-3.42262e-02 \quad C=1.08810e-01 \quad D=-1.05214e-02 \quad E=1.72397e-03$$

## 第6面

20

$$k=-1.06364e+01$$

$$B=-2.61412e-02 \quad C=4.33284e-03 \quad D=-1.13261e-02 \quad E=4.12931e-03$$

## 第7面

$$k=5.41556e-01$$

$$B=5.25640e-02 \quad C=-2.04724e-02 \quad D=2.40962e-03 \quad E=-2.46846e-04$$

## 第8面

$$k=-7.03483e-01$$

30

$$B=3.52387e-02 \quad C=2.08498e-02 \quad D=-6.08099e-03 \quad E=3.40941e-04$$

## 第9面

$$k=-8.68417e-01$$

$$B=5.87767e-03 \quad C=4.83556e-03 \quad D=-1.04730e-03 \quad E=5.47890e-05$$

【0 0 6 4】

【表1】

数値実施例	条件式						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0.51	1.25	0.26	0.86	1.712	0.103	0.065
2	-0.55	1.61	0.33	1.36	1.777	0.083	0.065
3	-0.54	1.84	0.43	1.94	1.721	0.089	0.092
4	-0.57	1.27	0.31	0.98	1.673	0.041	0.070
5	-0.59	1.36	0.33	1.02	1.651	0.042	0.076
6	-0.65	2.04	0.45	1.62	1.819	0.310	0.082
7	-0.53	1.59	0.39	0.98	1.537	0.046	0.099
8	-0.58	1.39	0.32	0.95	1.651	0.160	0.078
9	-0.66	2.02	0.42	1.76	1.825	0.315	0.078
10	-0.45	1.29	0.26	0.86	1.699	0.207	0.063
11	-0.49	1.35	0.28	0.92	1.699	0.116	0.069
12	-0.38	1.52	0.30	0.96	1.702	0.119	0.062
13	-0.13	1.29	0.28	0.83	1.702	0.210	0.051
14	-0.10	1.38	0.31	1.02	1.702	0.210	0.052
15	-0.32	1.12	0.27	0.56	1.702	0.008	0.049
16	-0.39	1.36	0.29	0.74	1.702	0.119	0.048
17	-0.11	1.60	0.31	0.92	1.702	0.008	0.057
18	-0.25	1.57	0.30	0.73	1.702	0.113	0.066
19	-0.91	2.71	0.72	---	1.803	---	0.088
20	-0.18	1.75	0.47	12.96	1.554	0.029	0.067
21	-0.11	1.89	0.48	2.68	1.537	0.046	0.088
22	-0.20	2.12	0.45	0.84	1.539	0.014	0.091
23	-0.29	1.74	0.45	0.61	1.554	0.029	0.107

10

20

## 【0065】

次に本発明の対物レンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施形態を図47を用いて説明する。

## 【0066】

図47において、20はカメラ本体、21は数値実施例1～23いずれかの対物レンズによって構成された撮影光学系、22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）、23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリ、24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

30

## 【0067】

このように本発明の対物レンズをデジタルスチルカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器が実現できる。

## 【0068】

以下に本発明のとり得る態様について列挙する。

## 【0069】

（態様1） 物体側から像側へ順に、開口絞り、像側の面が凸形状で正の屈折力の第1レンズ、物体側の面が凹形状で負の屈折力の第2レンズを有し、全体として正の屈折力を有する対物レンズにおいて、該第1レンズの物体側の面の曲率半径をR11、像側の面の曲率半径をR12、該第2レンズの物体側の面の曲率半径をR21、像側の面の曲率半径をR22とすると、

40

$$-1.0 < (R11 + R12) / (R11 - R12) < -0.1$$

$$1.0 < (R21 + R22) / (R21 - R22) < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

## 【0070】

（態様2） 前記対物レンズ全系の焦点距離をf、前記第2レンズの焦点距離をf2とすると、

50

$$0.1 < |f_2/f| < 0.8$$

なる条件を満足することを特徴とする態様1の対物レンズ。

【0071】

(態様3) 前記第2レンズの像側に正の屈折力の第3レンズを有し、前記対物レンズ全系の焦点距離を $f$ 、該第3レンズの焦点距離を $f_3$ とすると、

$$0.5 < f_3/f < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする態様1又は2の対物レンズ。

【0072】

(態様4) 前記第2レンズの像側に正の屈折力の第3レンズを有し、前記第1レンズの屈折率を $n_1$ 、前記第2レンズの屈折率を $n_2$ とすると、

$$(n_1 + n_2)/2 > 0.1$$

なる条件を満足することを特徴とする態様1～3いずれかの対物レンズ。

【0073】

(態様5) 前記対物レンズ全系の焦点距離を $f$ 、前記第1レンズと第2レンズの間隔を $d_{12}$ とすると、

$$0.5 < d_{12}/f < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする態様1～4いずれかの対物レンズ。

【0074】

(態様6) 前記第1レンズ、第2レンズ、第3レンズのうち少なくとも一つはプラスチック材料で構成されることを特徴とする態様1～5いずれかの対物レンズ。

【0075】

(態様7) 固体撮像素子上に像を形成することを特徴とする態様1～6いずれかの対物レンズ。

【0076】

(態様8) 態様1～7いずれかに記載された対物レンズによって構成される撮影光学系と、該撮影光学系によって形成される像を受光する光電変換素子とを備えることを特徴とする機器。

【0077】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、十分なテレセントリック特性を確保しつつ、小型で光学性能の良好な対物レンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 数値実施例1の対物レンズのレンズ断面図である。

【図2】 数値実施例1の対物レンズの収差図である。

【図3】 数値実施例2の対物レンズのレンズ断面図である。

【図4】 数値実施例2の対物レンズの収差図である。

【図5】 数値実施例3の対物レンズのレンズ断面図である。

【図6】 数値実施例3の対物レンズの収差図である。

【図7】 数値実施例4の対物レンズのレンズ断面図である。

【図8】 数値実施例4の対物レンズの収差図である。

【図9】 数値実施例5の対物レンズのレンズ断面図である。

【図10】 数値実施例5の対物レンズの収差図である。

【図11】 数値実施例6の対物レンズのレンズ断面図である。

【図12】 数値実施例6の対物レンズの収差図である。

【図13】 数値実施例7の対物レンズのレンズ断面図である。

【図14】 数値実施例7の対物レンズの収差図である。

【図15】 数値実施例8の対物レンズのレンズ断面図である。

【図16】 数値実施例8の対物レンズの収差図である。

【図17】 数値実施例9の対物レンズのレンズ断面図である。

【図18】 数値実施例9の対物レンズの収差図である。

- 【図 19】 数値実施例 10 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 20】 数値実施例 10 の対物レンズの収差図である。  
 【図 21】 数値実施例 11 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 22】 数値実施例 11 の対物レンズの収差図である。  
 【図 23】 数値実施例 12 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 24】 数値実施例 12 の対物レンズの収差図である。  
 【図 25】 数値実施例 13 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 26】 数値実施例 13 の対物レンズの収差図である。  
 【図 27】 数値実施例 14 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 28】 数値実施例 14 の対物レンズの収差図である。  
 【図 29】 数値実施例 15 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 30】 数値実施例 15 の対物レンズの収差図である。  
 【図 31】 数値実施例 16 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 32】 数値実施例 16 の対物レンズの収差図である。  
 【図 33】 数値実施例 17 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 34】 数値実施例 17 の対物レンズの収差図である。  
 【図 35】 数値実施例 18 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 36】 数値実施例 18 の対物レンズの収差図である。  
 【図 37】 数値実施例 19 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 38】 数値実施例 19 の対物レンズの収差図である。  
 【図 39】 数値実施例 20 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 40】 数値実施例 20 の対物レンズの収差図である。  
 【図 41】 数値実施例 21 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 42】 数値実施例 21 の対物レンズの収差図である。  
 【図 43】 数値実施例 22 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 44】 数値実施例 22 の対物レンズの収差図である。  
 【図 45】 数値実施例 23 の対物レンズのレンズ断面図である。  
 【図 46】 数値実施例 23 の対物レンズの収差図である。  
 【図 47】 デジタルスチルカメラの要部概略図である。

10

20

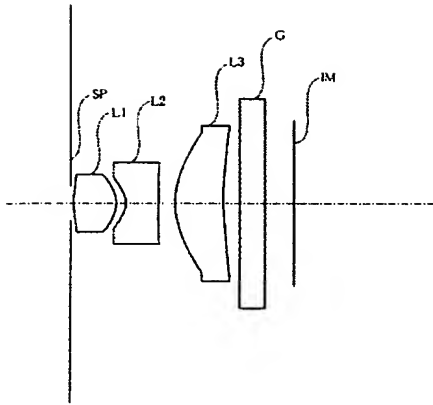
## 【符号の説明】

30

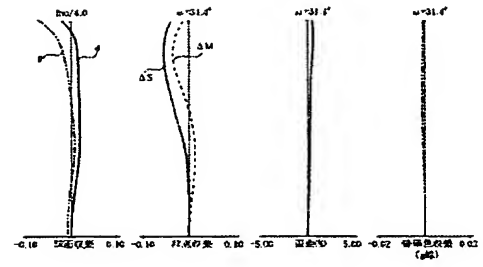
- L 1 第 1 レンズ  
 L 2 第 2 レンズ  
 L 3 第 3 レンズ  
 L 4 第 4 レンズ  
 SP 絞り  
 G ガラスブロック  
 IM 結像面  
 d d 線  
 g g 線  
 $\Delta M$  メリディオナル像面  
 $\Delta S$  サジタル像面

40

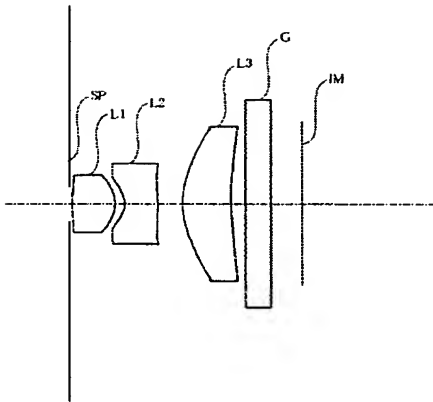
【図 1】



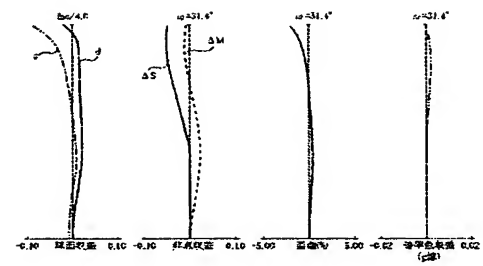
【図 2】



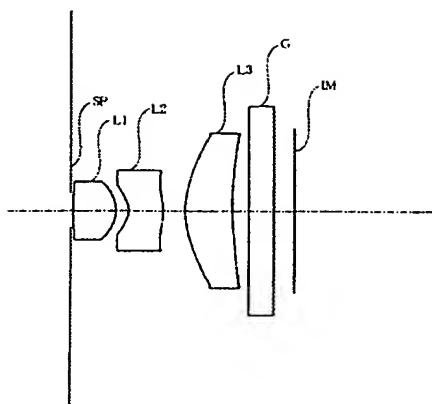
【図 3】



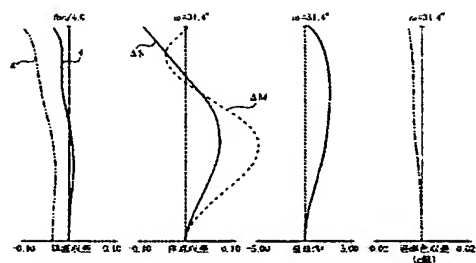
【図 4】



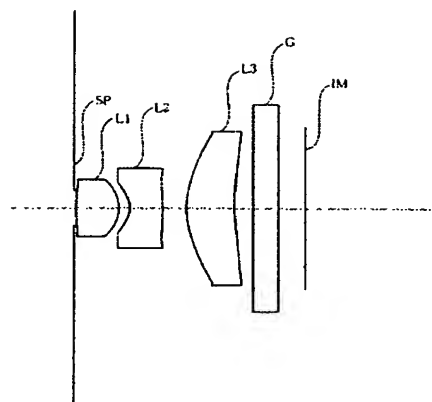
【図 5】



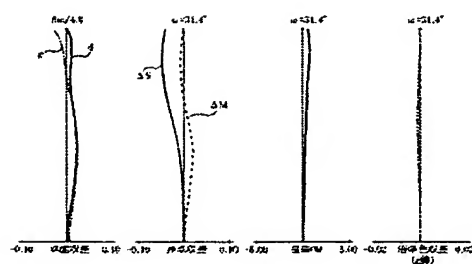
【図 6】



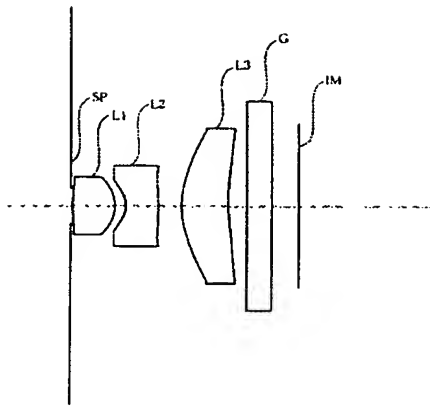
【図 7】



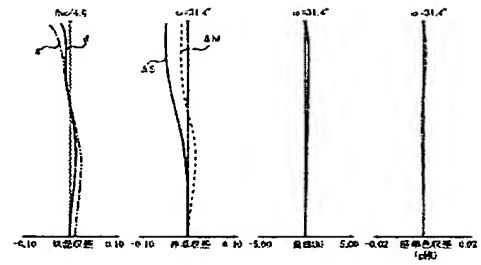
【図 8】



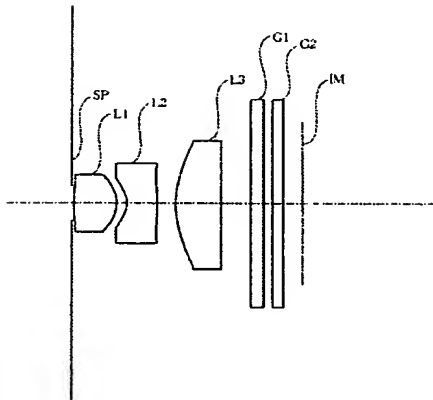
【図 9】



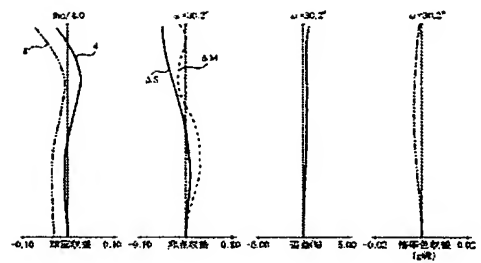
【図 10】



【図 11】

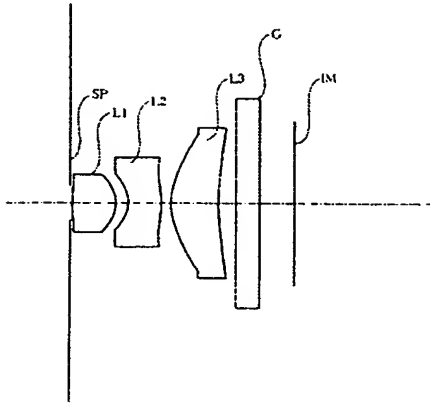


【図 12】

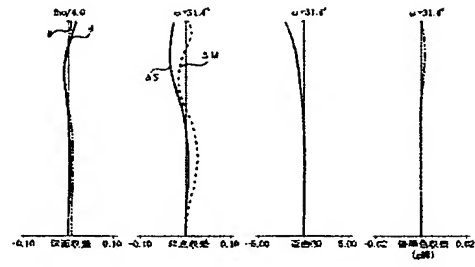




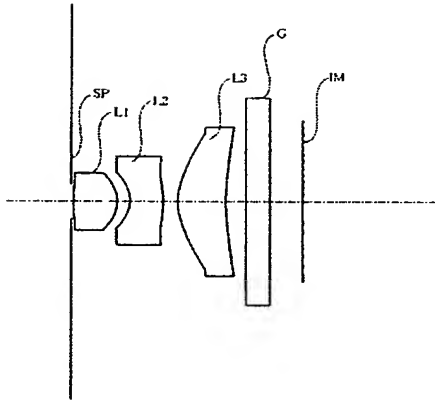
【図 13】



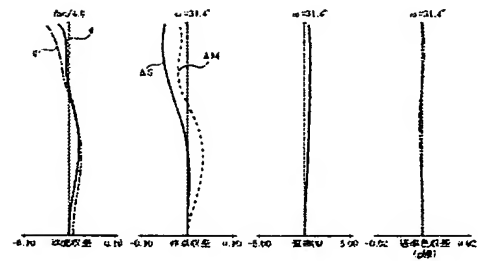
【図 14】



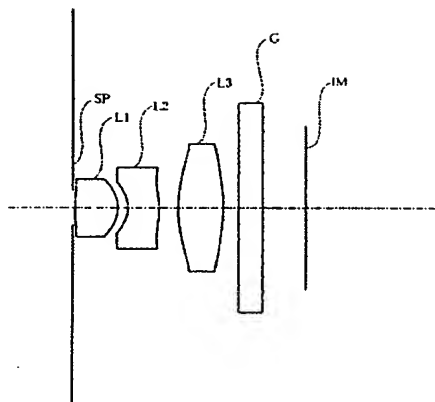
【図 15】



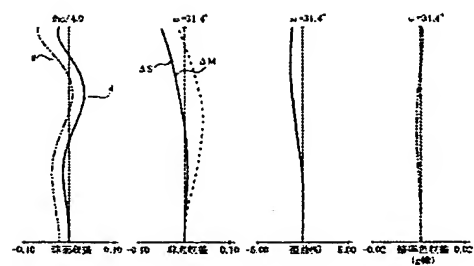
【図 16】



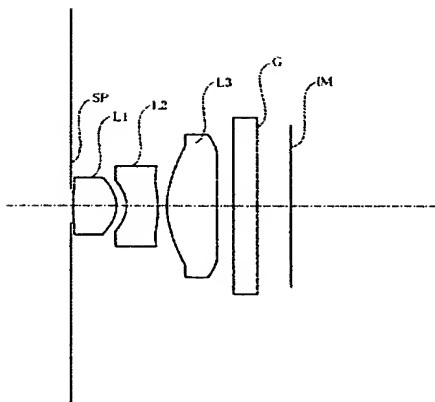
【図 17】



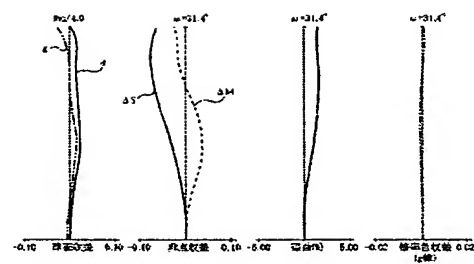
【図 18】



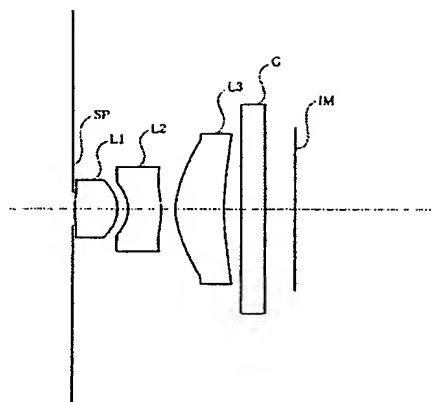
【図 19】



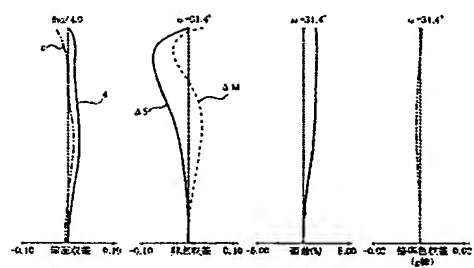
【図 20】



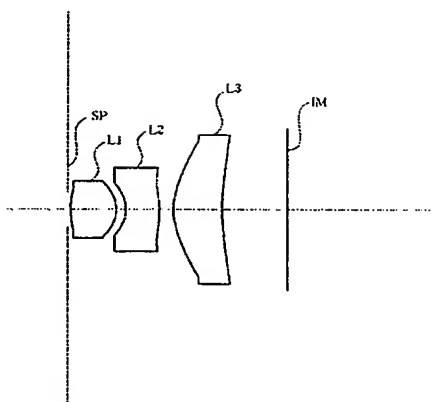
【図 2 1】



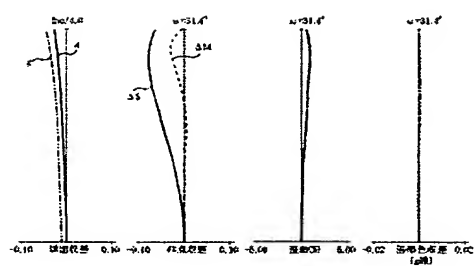
【図 2 2】



【図 2 3】

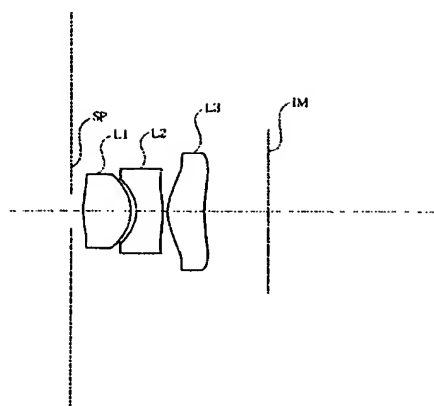


【図 2 4】

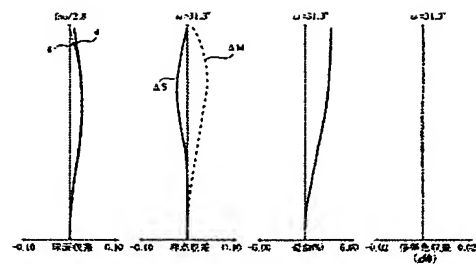




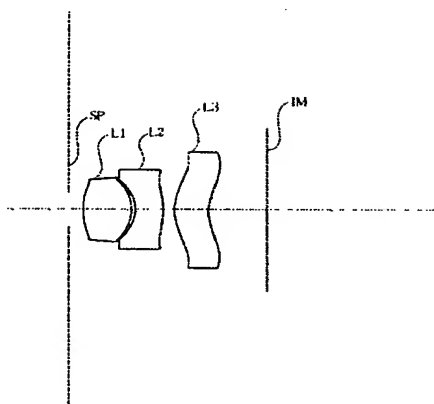
【図 29】



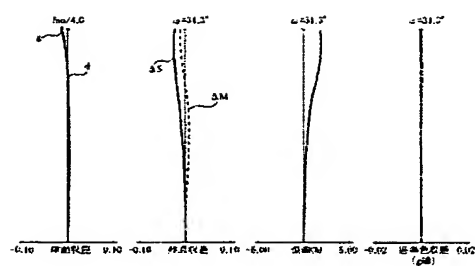
【図 30】



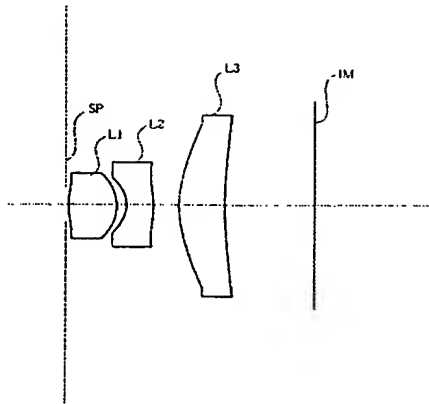
【図 31】



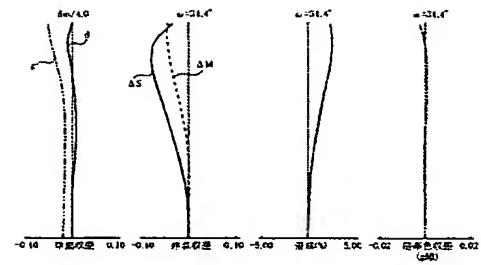
【図 32】



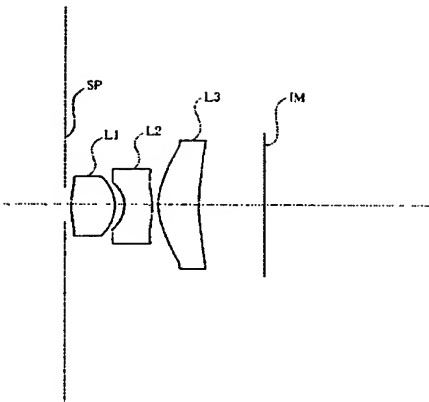
【图 3 3】



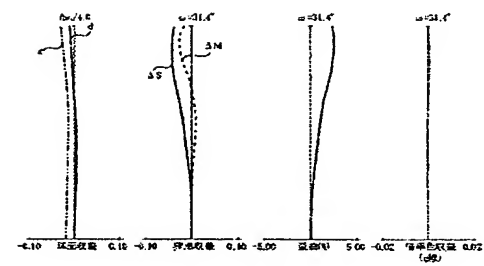
【图 3 4】



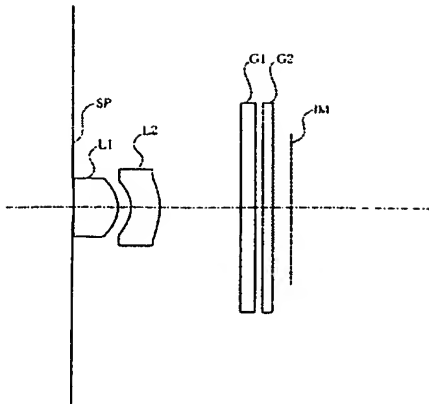
【図 35】



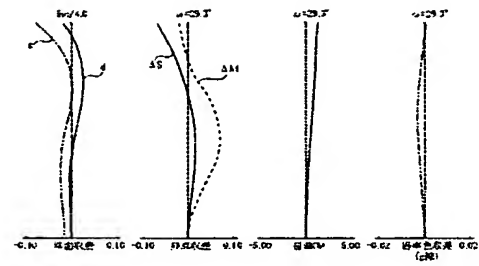
【図 3 6】



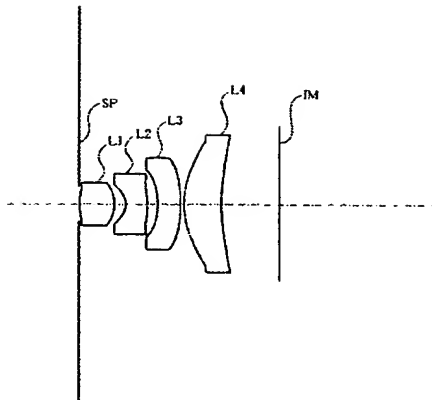
【図 37】



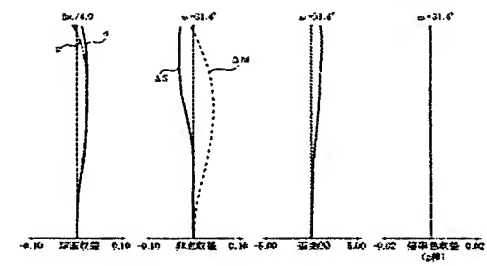
【図 38】



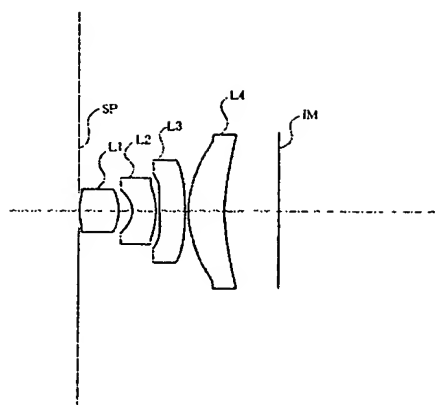
【図 39】



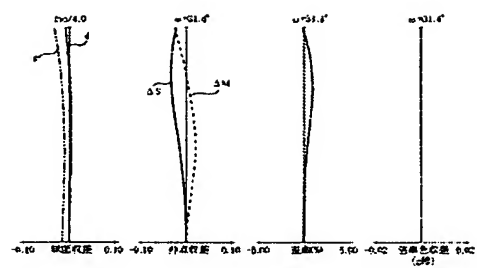
【図 40】



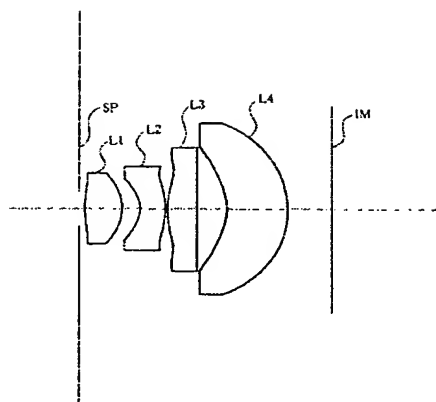
【図 4 1】



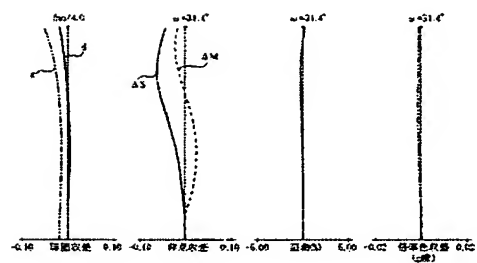
【图 4 2】



【図 4 3】

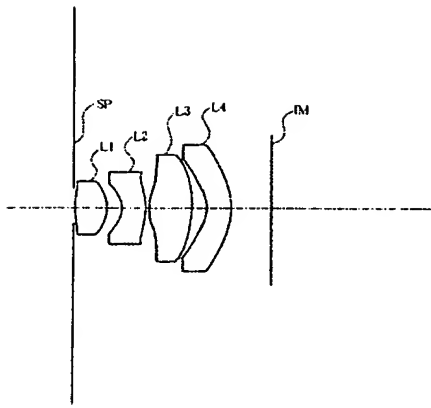


【図 4 4】

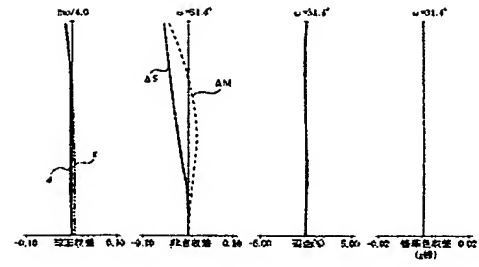




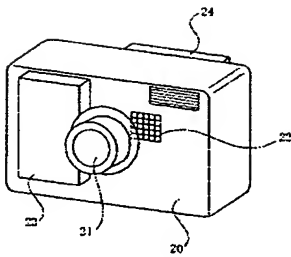
【図 4 5】



【図 4 6】



【図 4 7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 関田 誠

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

(72)発明者 樋口 敏尚

東京都杉並区高井戸東3-28-26-902

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 LA01 NA02 PA02 PA03 PA04 PA17 PB02 PB03  
PB04 QA02 QA06 QA07 QA14 QA22 QA25 QA32 QA34 QA37  
QA41 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA34 RA42 RA43  
RA44